



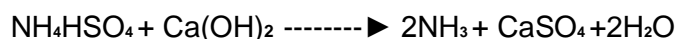
דצמבר 2015

**”שום בבטון של אפר פחם המכיל אמוניה  
הצעת מחקר לשנת הפעילות השנייה - 2016  
פרופ' ארנון בנטור, פבל לריאנובסקי, MSc**

**1. מבוא**

חברת החשמל מתכוונת לאמץ בקרוב את טכנולוגיית SCR ( Selective Catalytic Reduction ) להקטנת הפליטה של גזי NO<sub>x</sub> המשתחררים בשריפת הפחם. הטכנולוגיה מבוססת על שילוב של אמוניה, NH<sub>3</sub>, לצורך חיזור של ה- NO<sub>x</sub>. האמוניה שלא משתתפת בתהליך החיזור (ידוע בשם ammonia slip) מגיב עם הגופרית שבמערכת ליצירת אמוניום סולפט המתעבה ברובו על חלקיקי אפר הפחם בשעת הקירור.

בסביבה האלקלית הקיימת בבטון מגיב האמוניום סולפט שעל פני גרגירי אפר הפחם ומשתחרר גז אמוניה, NH<sub>3</sub>:



תהליכים אלה מעוררים שתי סוגיות שיש להן משמעות לגבי שימוש באפר פחם שעבר תהליך כזה בבטון:

- האם לנוכחות של האמוניום סולפט יש השפעה על תכונות הבטון, בעיקר חוזק והתקשרות
- האם גז האמוניה שנפלט יכול להשפיע על בטיחות ונוחות סביבת העבודה

במספר עבודות ובדיקות שבוצעו לא נמצאה השפעה של האמוניום על תכונות הבטון, כפי שהדבר בא לידי ביטוי בזמני ההתקשרות ובהתפתחות החוזק, למשל<sup>1</sup>. על כן מבחינה מעשית הסוגיה העיקרית שבה יש לדון בהקשר של השימוש באפר עם אמוניה בבטון היא השפעת גז האמוניה המשתחרר בייצור הבטון. מדובר בהיבטים של גהות בעבודה, כאשר לאמוניה באוויר יכולה להיות השפעה הגורמת לאי נוחות (ריח) או השפעה בעלת אופי חמור יותר עם היבטים בריאותיים, למשל צריבה בעיניים. סף הריח הוא כ- 3 מ"ג/מ"ק בעוד שהסף הבריאותי הוא כ- 14 עד 30 מ"ג/ק"ג. בגרמניה ובהולנד מקובל להציב גבול עליון לתכולת האמוניה באפר, בטווח שבין 50 ל- 100 מ"ג אמוניה לק"ג אפר, אשר אמור להבטיח שהפליטה של אמוניה בבטון תהיה נמוכה בהרבה מסף הריח (ראה נספח א' של שאלון של מנהלת אפר הפחם לרשויות בהולנד ותשובתם לשאלון זה). להשגת ערכי סף אלה מקובל לתכנן ולהפעיל את מתקן ה- SCR כך שתכולת האמוניה באוויר שבו תהיה פחות מ- 2 מ"ג/מ"ק.

בתחילת 2016 אמורה חברת החשמל להפעיל את המתקן הראשון של SCR, כאשר בחודשים הראשונים מדובר בהרצה ולאחריה הפעלה בקנה מדה מלא, כאשר המתקן מתוכנן לעמוד בקריטריון של 2 מ"ג/מ"ק אמוניה. לקראת שלב זה של הכנסת מערכת ה- SCR יזמה מנהלת אפר הפחם פעילויות להיערך לקליטת אפר המכיל

<sup>1</sup> Backes and Koch, BFT, March, 1988

אמוניה בתעשיית הבטון כשהמטרה היא לוודא ולהמחיש שהשימוש בו איננו מלווה בבעיות של אי נוחות ובוודאי לא בעיות בטיחות הקשורות בפליטת אמוניה מהבטון. למטרה זו יזמה המנהלת מחקר בטכניון אשר השלב הראשון שלו היה הקמת מתקן מעבדתי אשר בו ניתן לבצע סימולציה של פליטת אמוניה מאפר פחם ומדידה של ריכוז האמוניה באוויר מעל הבטון. שלב זה של המחקר נמצא לקראת סיומו (ראה נספח ב' -דוח ביניים). לצורך הסימולציה הוכנו בטונים אשר להם הוסף האמוניה בצורת מלח וכן גם בטונים עם אפר פחם שהובא מגרמניה אשר לו תכולה גבוהה במיוחד של אמוניה. המערכת פותחה במחקר זה מאפשרת לאפיין את הבטונים בכל הקשור לפליטת אמוניה.

השלב הבא של הפעילות היא בחינה של פליטת אמוניה בתערובות בטון המכילות אפר פחם מהייצור הראשוני בארץ עם מתקן SCR, תוך השוואת ההתנהגות של בטונים המיושמים בקנה מדה מלא עם בטונים שנבדקים במעבדה. ההצעה כאן מתייחסת לכן לשנת המחקר השנייה האמורה להתבצע החל מתחילת 2016 במהלך 2016.

## **2. מטרה ודרך פעולה**

מטרת המחקר היא לבחון את ההתנהגות של בטונים עם אפר פחם המיוצר במתקן החדש של SCR בחברת חשמל, כדי לקבוע את הקריטריונים לערכי סף של אמוניה המבטיחים נוחות ובטיחות, ולוודא שהקריטריונים המקובלים מתאימים לתנאי הארץ. להשגת מטרה זו "בחנו תערובות עם אפר פחם מקומי במתקן המעבדתי ובמקביל בתנאי השטח עם בטונים בהרכב דומה. במסגרת הבדיקות יקבעו תכולות האמוניה מעל הבטון בתלות בזמן ובהרכב התערובות ותכולת האמוניה באפר. הבדיקות יתבססו על הניטור באוויר וכן גם בדיקות תקניות המקובלות במערך הגהות בעבודה.

## **3. תוכנית המחקר**

### **3.1 עקרונות**

המחקר והבדיקות בשטח יתבססו על אפר פחם המתקבל בייצור בתנאי ההרצה של מתקן ה-SCR, אשר יש להניח שתכולת האמוניה בו תהיה קטנה.

הרכב התערובות "צג בטונים רגילים, שהם עיקר הבטון המיוצר על<sup>א</sup> חברות הבטון המובא, דהיינו באיכות של ב-30 וב-40. תכולת האפר בבטון תהיה בטווח רחב, החל מ-40 עד 80 ק"ג/מ"ק עד לערכים גבוהים של 120 ק"ג/מ"ק ואף גבוהים יותר כדי לקבל בטונים אשר פליטת האמוניה מהם תהיה בסדר גדול דומה לזה של סף הריח.

הבטונים "בחנו במעבדה, בתנאים שונים של מהירות רוח וטמפרטורה, תוך התבססות על המתקן וצורת המדידה המתוארת בדוח שבנספח אי. במקביל, תוך תאום עם חברות בטון מובא, תיבחן פליטת האמוניה מבטונים בהרכב דומה בתנאי השטח. הבדיקות בשטח יבוצעו בתאום ובהנחיה של אנשי גהות בעבודה.

### 3.2 תוכנית המחקר

תוכנית המחקר המפורטת תקבע לאחר התייעצות עם חברות הבטון המובא ומומחי גהות בעבודה. התייעצויות אלה יכללו את היקף הבדיקות ותנאי הבדיקות. אופי הבדיקות עצמן יהיה דומה לאלה המתוארות בדוח שבנספח, כאשר בנוסף אליהן, יערך תיעוד ומעקב בתנאי השטח תוך התייחסות לתנאי הסביבה, בעיקר טמפרטורה, לחות ומהירות הרוח.

המשתנים בניסוי השטח:

- תנאי היציקה: חללים סגורים ופתוחים
- תנאי סביבה: רוח וטמפרטורה
- הרכב הבטונים: טווחי חוזק של ב-30 עד ב-40 עם תכולות משתנות של אפר פחם המכיל אמוניה

הבדיקות בשטח יבוצעו בתאום ובפיקוח של אנשי גהות בעבודה.

המשתנים בניסוי המעבדה:

- הרכבי בטונים הדומים לאלה שיבחנו בשטח
- מהירויות רוח שונות בטווח שיקבע בהתייעצות עם אנשי הגהות
- טמפרטורה רגילה של 20 מ"צ וטמפרטורה של 30 מ"צ

תכנית בדיקות מפורטת מוצגת בנספח ג' כולל התייחסויות ללוחות זמנים של מועדי הבדיקות, בתלות בקבלת מדגמי אפר מההרצה של מתקן SCR.

נספחים:

- נספח א' – [שאלון מנהלת אפר הפחם לרשויות בהולנד בדבר דרישות מאפר המכיל אמוניה](#)
- נספח ב' – [יישום בבטון של אפר פחם המכיל אמוניה דוח ביניים, הטכניון](#)
- נספח ג' – [תוכנית בדיקות מפורטת](#)